

การประเมินระดับพื้นหลังธรรมชาติของคลอไรด์: กรณีศึกษาชั้นน้ำบาดาลพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ ประเทศไทย

ชุตินันท์ ลิ้มปกาญจน์เวช^{1*} และ ศรีเลิศ โชติพันธ์รัตน์^{1,2}

¹ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร

²สถาบันวิจัยสิ่งแวดล้อมเพื่อความยั่งยืน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร

* Corresponding author: chutinun_l@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับพื้นหลังธรรมชาติของคลอไรด์ในชั้นน้ำบาดาลพระประแดง ซึ่งเป็นแหล่งน้ำบาดาลที่มีบทบาทสำคัญในจังหวัดสมุทรปราการ ปัจจุบันคุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ดังกล่าวถูกคุกคามจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณคลอไรด์ ซึ่งอาจเกิดจากกิจกรรมอุตสาหกรรมหรือการรุกรานของน้ำเค็ม จึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการติดตามและบริหารจัดการน้ำบาดาลอย่างรัดกุม เพื่อป้องกันผลกระทบต่อทรัพยากรน้ำในระยะยาว

งานวิจัยนี้ใช้ข้อมูลช่วงปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2564 โดยได้มีการศึกษาและวิเคราะห์ค่าระดับพื้นหลังธรรมชาติของคลอไรด์เพื่อที่จะทำความเข้าใจในลักษณะการกระจายตัวของปริมาณคลอไรด์ และวิเคราะห์แนวโน้มที่อาจเกิดจากการรุกรานของน้ำทะเลเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติ การจัดทำ piper diagrams และการตรวจสอบสมดุลประจุไอออน ผลการศึกษาพบว่าแหล่งน้ำบาดาลแต่ละพื้นที่มีระดับคลอไรด์ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเฉพาะบริเวณที่อยู่ใกล้ชายฝั่ง มีระดับคลอไรด์สูงกว่าพื้นที่อื่นอย่างมีนัยสำคัญ รวมทั้งส่วนใหญ่เป็นน้ำบาดาลประเภทโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นหลัก ซึ่งบ่งชี้ว่าการรุกรานของน้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญ ผลลัพธ์นี้นำไปสู่การประเมินระดับพื้นหลังธรรมชาติ (NBL) และช่วยวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำตามเวลา พร้อมทั้งเน้นย้ำถึงความสำคัญของการติดตามตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง และการจัดทำมาตรการเชิงนโยบายที่เหมาะสม เพื่อรักษาความยั่งยืนของแหล่งน้ำบาดาลในจังหวัดสมุทรปราการ

คำสำคัญ: น้ำบาดาล / ระดับพื้นหลังธรรมชาติ (NBL) / คลอไรด์ / ชั้นน้ำบาดาลพระประแดง / รุกรานของน้ำเค็ม

Assessment of chloride natural background levels: A case study of the Phra Pradaeng Aquifer in Samut Prakan Province, Thailand

Chutinun Limpakanwech^{1*} and Srilert Chotpantarat^{1,2}

¹*Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.*

²*Sustainable Environment Research Institute, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand.*

**Corresponding author: chutinun_l@yahoo.com*

Abstract

Assessing the natural background level of chloride in the Phra Pradaeng aquifer—a significant groundwater source in Samut Prakan Province—was the goal of this study. The rise in chloride levels, which could be brought on by industrial processes or seawater intrusion, is currently endangering the area's groundwater quality. To prevent long-term effects on water resources, stringent groundwater monitoring and management measures must be put in place. Data used in this study ranged from 2010 to 2021. To understand the distribution of chloride levels and to analyze potential patterns brought on by seawater intrusion into the aquifer, the natural background level of chloride was examined and measured. The ion balance analysis, piper diagrams, and statistical analysis were applied. The findings demonstrated that the quantities of chloride in each area's groundwater sources varied considerably, with coastal regions having considerably higher levels than other regions. The wells showed considerable seawater intrusion, and most of the groundwater sources were sodium chloride (NaCl) groundwater. As a result of these findings, the natural background level (NBL) was determined and the trajectory of water quality changes over time was analyzed, highlighting the significance of ongoing monitoring and the creation of suitable policy measures. To keep Samut Prakan Province's groundwater supplies sustainable.

Keywords: Groundwater / Natural background level (NBL) / Chloride / Phra Pradaeng aquifer / Seawater intrusion

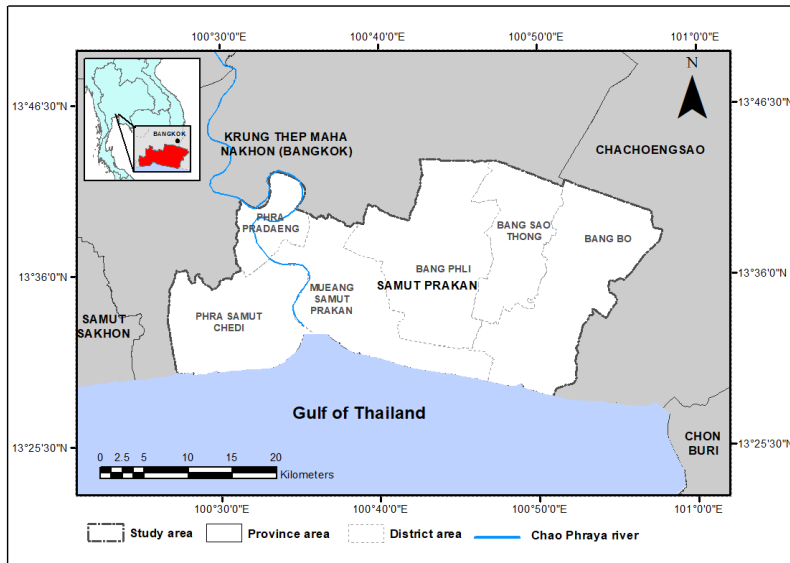
1. บทนำ

พื้นที่แอ่งน้ำบาดาลเจ้าพระยาตอนล่าง ประกอบด้วยชั้นน้ำบาดาล 8 ชั้นน้ำ ครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ดังนั้นจึงมีความต้องการทรัพยากรน้ำเป็นจำนวนมาก โดยช่วงปี พ.ศ. 2541-2544 มีการใช้น้ำบาดาลมากกว่า 2.5 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน ภายหลังกรมทรัพยากรน้ำบาดาลได้ออกมาตรการควบคุมการใช้น้ำบาดาลและประกาศเขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาล ประกอบด้วยพื้นที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี นครปฐม สมุทรสาคร สมุทรปราการ และจังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยใช้ข้อมูลทางวิชาการที่ได้จากการศึกษาของศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2542) [2] ซึ่งได้ทำการศึกษามูลของระบบน้ำบาดาลในพื้นที่ดังกล่าวพบว่า อัตราการเติมน้ำเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาลในพื้นที่เขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาลเฉลี่ยเท่ากับ 1.25 ล้านลูกบาศก์เมตร/วัน และจากมาตรการควบคุมฯ มีแนวโน้มของระดับน้ำบาดาลที่เพิ่มขึ้น แต่บริเวณที่อยู่ติดชายฝั่งทะเล โดยเฉพาะพื้นที่จังหวัดสมุทรสาครและสมุทรปราการพบว่าชั้นน้ำบาดาลบริเวณดังกล่าวมีความเค็มที่ค่อนข้างสูงเนื่องจากการสูบน้ำบาดาลเพื่อใช้สำหรับอุตสาหกรรมเป็นปริมาณมากและเป็นระยะเวลานาน [1]

จังหวัดสมุทรปราการตั้งอยู่ทางตอนใต้ของกรุงเทพมหานคร เป็นหนึ่งในพื้นที่ยุทธศาสตร์สำคัญของประเทศไทยที่มีบทบาทในด้านเศรษฐกิจ อุตสาหกรรม และการขนส่งทางน้ำ เนื่องจากมีพื้นที่ติดชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ทำให้พื้นที่นี้ต้องเผชิญกับปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ โดยเฉพาะปัญหาการการรุกคืบของน้ำเค็มเข้าสู่ชั้นน้ำบาดาล [15],[16] ปัจจุบันพบว่า ชั้นน้ำบาดาลพระประแดง (Phra Pradaeng Aquifer) ในพื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ มีแนวโน้มของระดับคลอไรด์ที่สูงกว่าปกติ ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกิจกรรมอุตสาหกรรม การขยายตัวของเมือง และอิทธิพลจากน้ำทะเลผ่านแม่น้ำและลำคลองที่เชื่อมต่อกับอ่าวไทย [4],[11],[17]

ปัจจุบันคุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ดังกล่าวถูกคุกคามจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณคลอไรด์ที่เกิดขึ้น ทำให้จังหวัดสมุทรปราการจำเป็นต้องให้ความสำคัญในการติดตามคุณภาพและปริมาณของน้ำบาดาลในพื้นที่ เพื่อรักษาสมดุลระหว่างการใช้น้ำในภาคอุตสาหกรรม ครุภัณฑ์ และการรักษาคุณภาพของทรัพยากรน้ำบาดาลให้ยั่งยืน โดยการศึกษาเบื้องต้นพบว่า ปัญหาการดังกล่าวได้ขยายวงกว้างในเขตชายฝั่งทะเลทั่วโลก และส่งผลกระทบต่อเมืองใหญ่ชายฝั่งจำนวนมาก รวมถึงพื้นที่บริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่างในประเทศไทยด้วย [4],[12],[13] ดังนั้น การเข้าใจสภาพแวดล้อมและระดับพื้นหลังธรรมชาติของคลอไรด์ในน้ำบาดาล จึงเป็นสิ่งสำคัญในการวางแผนบริหารจัดการน้ำและกำหนดมาตรการรับมือที่เหมาะสม

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินระดับพื้นหลังตามธรรมชาติ (Natural Background Level; NBL) ของคลอไรด์ในชั้นน้ำบาดาลพระประแดง โดยมีขอบเขตพื้นที่ศึกษาครอบคลุมจังหวัดสมุทรปราการดังรูปที่ 1 โดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลและการตรวจวัดที่เป็นระบบ [6] เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่สะท้อนคุณภาพตามธรรมชาติของแหล่งน้ำใต้ดิน และสามารถจำแนกอิทธิพลของกิจกรรมมนุษย์ออกจากสภาพธรรมชาติได้อย่างชัดเจน ผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาจะช่วยให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถกำหนดมาตรการที่มีประสิทธิภาพในการจัดการและรักษาคุณภาพน้ำบาดาลในพื้นที่ให้ยั่งยืนต่อไป [7],[18]



รูปที่ 1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา

2. วัตถุประสงค์

เพื่อประเมินระดับพื้นหลังธรรมชาติของคลอไรด์ในชั้นน้ำบาดาลพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ

3. ขอบเขตของการศึกษา

งานวิจัยนี้เป็นการประเมินระดับพื้นหลังธรรมชาติของคลอไรด์โดยใช้วิธีสถิติในชั้นน้ำบาดาลพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลของบ่อสังเกตการณ์การน้ำบาดาล เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในแต่ละช่วงเวลา โดยข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ประกอบด้วยข้อมูลผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2564 และจัดทำแผนที่ระดับพื้นหลังธรรมชาติของคลอไรด์ในชั้นน้ำบาดาลพระประแดง พื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ

4. วิธีการศึกษา

4.1 รวบรวมข้อมูล

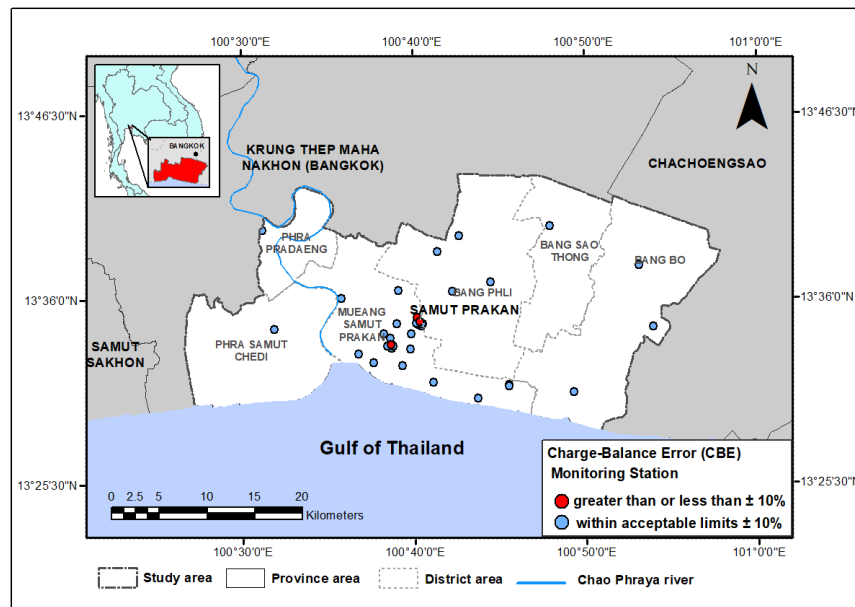
รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลของบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล ชั้นน้ำบาดาลพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติในแต่ละช่วงเวลา โดยข้อมูลที่น่ามาวิเคราะห์ประกอบด้วยข้อมูลผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลจากกรมทรัพยากรน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2564

4.2 ตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูล

ทำการแบ่งข้อมูลออกตามกลุ่มของชั้นน้ำบาดาลในแต่ละชั้นน้ำบาดาล และตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลแต่ละบ่อสังเกตการณ์โดยวิธีการวิเคราะห์ค่า Charge-Balance Error (CBE) หรือค่าความคลาดเคลื่อนของสมดุลประจุ เป็นตัวชี้วัดที่สำคัญที่ใช้ประเมินความถูกต้องแม่นยำและความน่าเชื่อถือของการวิเคราะห์ทางเคมีของตัวอย่างน้ำบาดาล โดยการคำนวณค่าความแตกต่างระหว่างผลรวมของประจุบวก (cation) และประจุลบ (anion) ในตัวอย่างน้ำในรูปของเปอร์เซ็นต์ ค่านี้มีความสำคัญในการ

ตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลทางอุทกเคมี โดยเฉพาะในการประเมินคุณภาพน้ำในชั้นน้ำบาดาล หากค่า CBE ที่ได้มีค่ามากกว่า $\pm 10\%$ อาจแสดงให้เห็นว่ามีความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจากกระบวนการเก็บตัวอย่าง การวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการ หรือการป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบ โดยในพื้นที่ศึกษาพบว่ามียางตำแหน่งของการวิเคราะห์ที่มีค่ามากกว่า $\pm 10\%$ (รูปที่ 2) ทั้งนี้มีรายละเอียดการคำนวณ ดังนี้

$$\Sigma \text{ cations} = \Sigma \text{ anions}$$
$$\text{CBE} = \frac{\Sigma \text{ cations} - |\Sigma \text{ anions}|}{\Sigma \text{ cations} + |\Sigma \text{ anions}|} \times 100$$



รูปที่ 2 การกระจายตัวของค่า CBE ที่ทำการวิเคราะห์จากตัวอย่างน้ำบาดาลของบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล ชั้นน้ำบาดาลพระประแดง

4.3 จำแนกชนิดของน้ำบาดาล

ทำการจำแนกชนิดของน้ำบาดาล โดยใช้ Piper diagrams

4.4 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติน้ำบาดาลเพื่อหาค่าระดับพื้นหลังธรรมชาติของคลอไรด์

วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติน้ำบาดาลเพื่อหาค่าระดับพื้นหลังธรรมชาติ (NBL) ทั้งนี้จะใช้ค่าขีดจำกัด (Threshold Value; TV) เพื่อกำหนดระดับความเข้มข้นของคลอไรด์ที่อาจแสดงให้เห็นถึงปัญหามลพิษในน้ำบาดาล [3] โดยวิธีการคำนวณค่าขีดจำกัด (Threshold Value; TV) มีรายละเอียดดังนี้

- 1) รวบรวมค่าปริมาณคลอไรด์ในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ข้อมูลจากผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลของบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล
- 2) คำนวณค่าระดับพื้นหลังธรรมชาติ (NBL) ของแต่ละบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาลในช่วง ปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2564 โดยใช้ค่าร้อยละ (percentiles) ที่ 95

3) ทำการกำหนดค่ามาตรฐานอ้างอิง (Reference Value; REF) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์สำหรับระบบคลอไรด์ที่ถือเป็นค่าปกติทั่วไป โดยในการวิจัยนี้ใช้ค่าเกณฑ์มาตรฐานปริมาณคลอไรด์ที่อนุโลมให้สูงสุด สำหรับการใช้น้ำบาดาลเพื่อการบริโภค คือ 600 มิลลิกรัม/ลิตร ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 322 พ.ศ. 2521

4) ทำการสรุปข้อมูลโดยมีเงื่อนไข ดังนี้

4.1) หากค่าระดับพื้นหลังธรรมชาติ (NBL) น้อยกว่าค่ามาตรฐานอ้างอิง (Reference Value; REF) กำหนดให้ค่าขีดจำกัด (Threshold Value; TV) เท่ากับค่ามาตรฐานอ้างอิง (Reference Value; REF)

4.2) หากค่าระดับพื้นหลังธรรมชาติ (NBL) มากกว่าค่ามาตรฐานอ้างอิง (Reference Value; REF) กำหนดให้ค่าขีดจำกัด (Threshold Value; TV) เท่ากับค่าระดับพื้นหลังธรรมชาติ (NBL)

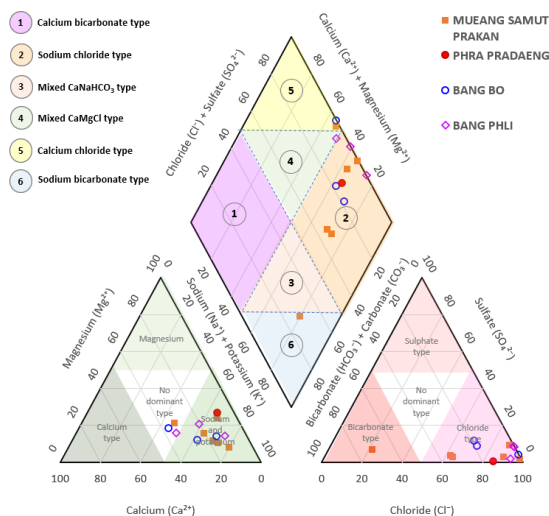
5) จัดทำแผนที่ระดับพื้นหลังธรรมชาติของคลอไรด์ในชั้นน้ำบาดาลพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ

5. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

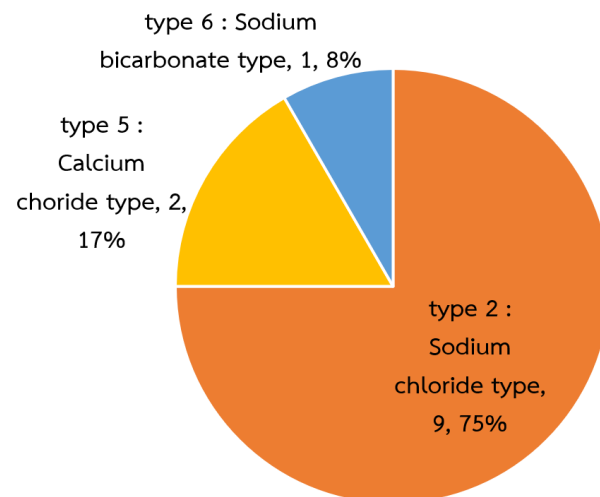
จากการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลผลวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ของบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาลในชั้นน้ำบาดาลพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติใน ปี พ.ศ. 2553 ถึง พ.ศ. 2564 โดยมีรายละเอียดผลการศึกษา ดังนี้

5.1 ผลศึกษาการจำแนกชนิดของน้ำบาดาล

ผลการศึกษาการจำแนกชนิดของน้ำบาดาล โดยข้อมูลผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำบาดาลของบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาลในชั้นน้ำบาดาลพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ ปี พ.ศ. 2564 ด้วยวิธี Piper diagrams ดังรูปที่ 3 (ก) โดยผลการศึกษาพบว่าส่วนใหญ่เป็นน้ำบาดาลประเภทโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นหลัก คิดเป็นร้อยละ 75 ของจำนวนบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาลทั้งหมด รองลงมาเป็นน้ำบาดาลประเภทแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl) ดังรูปที่ 3 (ข) ซึ่งหากนำไปจัดทำแผนที่ดังรูปที่ 4 พบว่าน้ำบาดาลประเภทแคลเซียมคลอไรด์ (CaCl) มีการกระจายตัวอยู่บริเวณแนวชายฝั่งติดกับอ่าวไทย

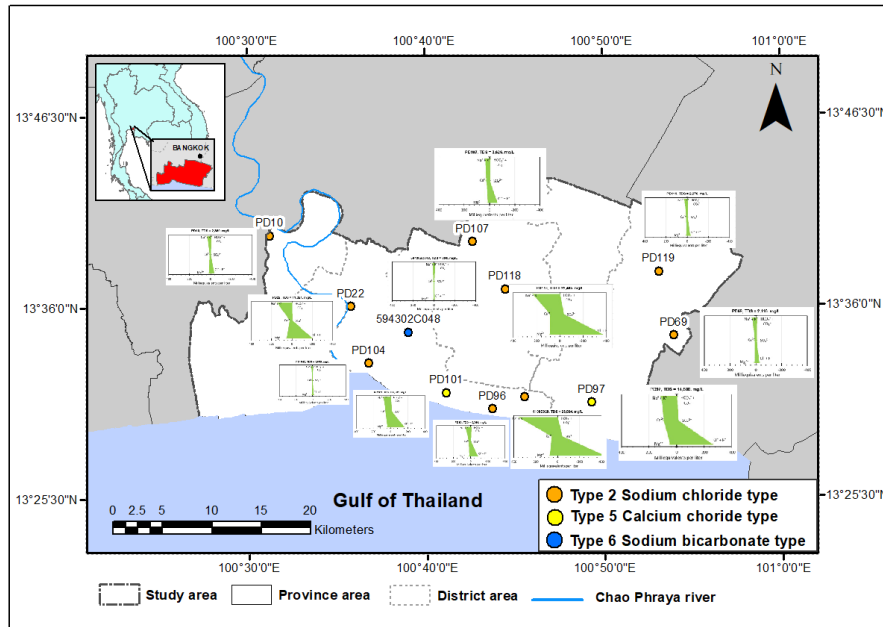


(ก) Piper diagrams



(ข) กราฟแสดงจำนวนชนิดของน้ำบาดาล

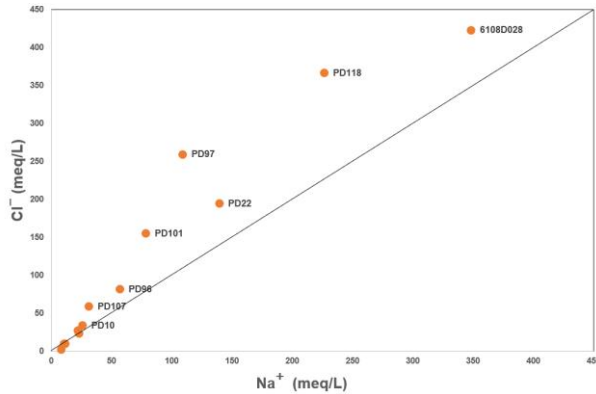
รูปที่ 3 แสดง (ก) Piper diagrams และ (ข) กราฟแสดงจำนวนชนิดของน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2564



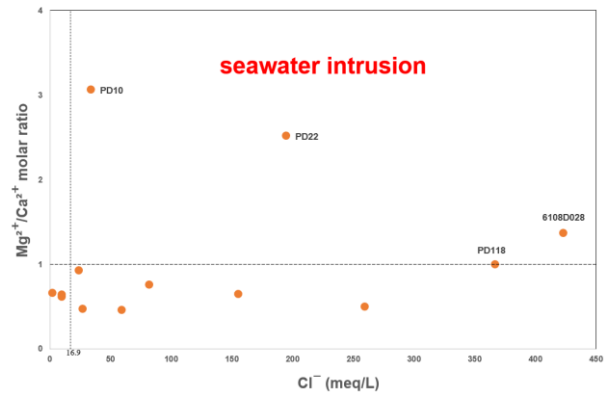
รูปที่ 4 แสดงการกระจายของชนิดของน้ำบาดาล ปี พ.ศ. 2564

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลอไรด์ (Cl^-) และโซเดียม (Na^+) บ่งชี้ว่าตัวอย่างน้ำบาดาลจากบางพื้นที่ปรากฏอยู่เหนือเส้นผสมในอัตราส่วน 1:1 (1:1 mixing line) ซึ่งสะท้อนถึงปริมาณไอออนคลอไรด์ (Cl^-) ที่เพิ่มขึ้นในระบบน้ำบาดาล (แสดงในรูปที่ 5 (ก)) โดยลักษณะนี้ชี้ให้เห็นถึงอิทธิพลของการรุกรานของน้ำทะเลต่อระบบน้ำบาดาลจืด โดยเฉพาะในจังหวัดสมุทรปราการ [10]

นอกจากนี้ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนแมกนีเซียมต่อแคลเซียม ($\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$) กับปริมาณคลอไรด์ (Cl^-) ยังบ่งชี้ว่า ตัวอย่างน้ำบาดาลจากพื้นที่บางจุดมีอัตราส่วน $\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$ มากกว่า 1 และมีปริมาณคลอไรด์ (Cl^-) สูงกว่า 16.9 meq/L (600 มิลลิกรัม/ลิตร) ซึ่งเป็นแนวโน้มเฉพาะที่บ่งชี้ถึงการรุกรานของน้ำทะเลที่เกิดขึ้นในพื้นที่นั้น ผลการวิเคราะห์นี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Kamdee et al. (2023) [8] ซึ่งระบุว่าน้ำบาดาลของอ่างเจ้าพระยาตอนล่างที่มีอายุน้อย (younger water) มีแนวโน้มแสดงการปนเปื้อนจากการรุกรานของน้ำทะเล (brackish water) ในชั้นน้ำบาดาลตอนบน



(ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลอไรด์ (Cl^-) และโซเดียม (Na^+)



(ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนแมกนีเซียมต่อแคลเซียม ($\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$) กับปริมาณคลอไรด์ (Cl^-)

รูปที่ 5 แสดง (ก) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลอไรด์ (Cl^-) และโซเดียม (Na^+)

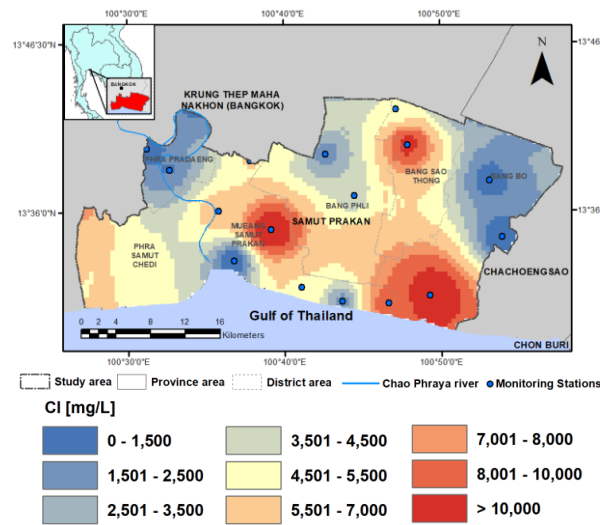
และ (ข) กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนแมกนีเซียมต่อแคลเซียม ($\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$) กับปริมาณคลอไรด์ (Cl^-) ปี พ.ศ. 2564

5.2 ผลการวิเคราะห์การกระจายตัวของปริมาณคลอไรด์ในพื้นที่ศึกษา

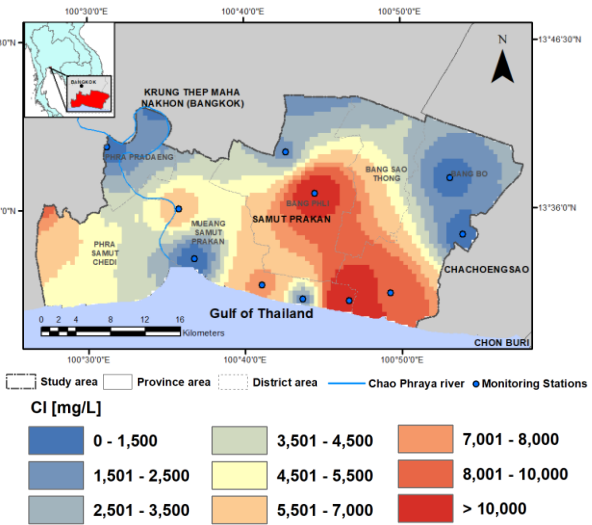
ผลการศึกษาสามารถจัดทำแผนที่การกระจายตัวของปริมาณคลอไรด์ในพื้นที่ศึกษา ในปี พ.ศ. 2554 พ.ศ. 2558 พ.ศ. 2563 และ พ.ศ. 2564 ดังรูปที่ 6 โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

ในปี พ.ศ. 2554 ระดับคลอไรด์ที่มีช่วง 7,001-10,000 มิลลิกรัม/ลิตร และช่วง >10,000 มิลลิกรัม/ลิตร ปรากฏอยู่ในบางพื้นที่ ได้แก่ พื้นที่เมืองสมุทรปราการ บริเวณพื้นที่อำเภอบางเสาธง และพื้นที่ติดแนวชายฝั่งของบริเวณพื้นที่บางบ่อ ขณะที่พื้นที่ตอนในของชั้นน้ำบาดาล มีค่าคลอไรด์ต่ำกว่า 3,500 มิลลิกรัม/ลิตร โดยเฉพาะบริเวณทางเหนือในพื้นที่บางบ่อ และพื้นที่ต่อเนื่องไปยังจังหวัดฉะเชิงเทรา

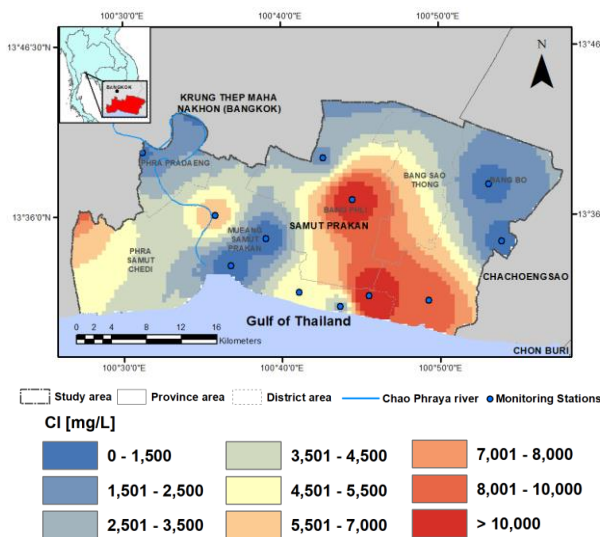
ปี พ.ศ. 2558 และ ปี พ.ศ. 2563 พบว่าลักษณะการกระจายตัวของคลอไรด์มีลักษณะที่ใกล้เคียงกัน โดยพบว่า บริเวณตอนกลางของพื้นที่เมืองสมุทรปราการ และพื้นที่ติดแนวชายฝั่งของบริเวณพื้นที่บางบ่อ มีระดับคลอไรด์ในช่วง 7,001-10,000 มิลลิกรัม/ลิตร และช่วง >10,000 มิลลิกรัม/ลิตร ในขณะที่บริเวณพื้นที่ตอนกลางของพื้นที่เมืองสมุทรปราการ ฝั่งที่ใกล้กับแม่น้ำเจ้าพระยา พบปริมาณคลอไรด์ที่ลดลง จากปี พ.ศ. 2554 และในปี พ.ศ. 2564 พบว่า ระดับคลอไรด์ในช่วง 7,001-10,000 มิลลิกรัม/ลิตร และช่วง >10,000 มิลลิกรัม/ลิตร มีการกระจายตัวอยู่ในบริเวณที่ติดแนวชายฝั่งของบริเวณพื้นที่บางบ่อ และทางใต้ของพื้นที่เมืองสมุทรปราการ เท่านั้น ซึ่งแนวโน้มการลดลงของปริมาณอาจเกิดจากการจากเติมน้ำของระบบน้ำบาดาลในบริเวณตะวันออกของอ่างเจ้าพระยาตอนล่าง [9]



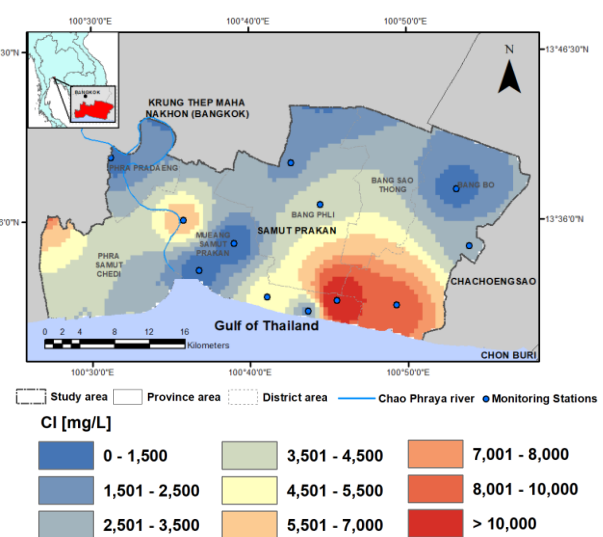
(ก) การกระจายตัวของปริมาณคลอไรด์ปี พ.ศ. 2554



(ข) การกระจายตัวของปริมาณคลอไรด์ปี พ.ศ. 2558



(ค) การกระจายตัวของปริมาณคลอไรด์ปี พ.ศ. 2563



(ง) การกระจายตัวของปริมาณคลอไรด์ปี พ.ศ. 2564

รูปที่ 6 แสดง (ก) การกระจายตัวของปริมาณคลอไรด์ปี พ.ศ. 2554 (ข) การกระจายตัวของปริมาณคลอไรด์ปี พ.ศ. 2558 (ค) การกระจายตัวของปริมาณคลอไรด์ปี พ.ศ. 2563 และ (ง) การกระจายตัวของปริมาณคลอไรด์ปี พ.ศ. 2564 ของพื้นที่ศึกษา

5.3 ผลการประเมินระดับพื้นหลังธรรมชาติของคลอไรด์โดยใช้วิธีสถิติ

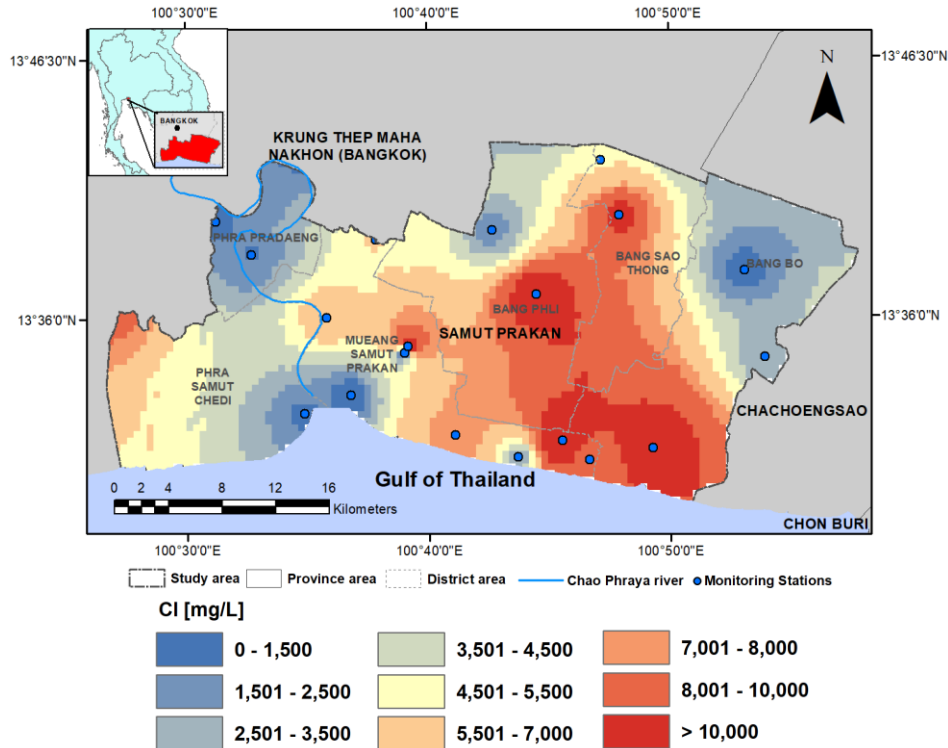
จากการศึกษาระดับคลอไรด์ในน้ำบาดาลอาจได้รับอิทธิพลจากหลายปัจจัย เช่น การรุกรานของน้ำเค็ม กิจกรรมอุตสาหกรรม และการชะล้างจากพื้นที่เกษตรกรรม โดยชุดข้อมูลนี้ติดตามความเข้มข้นของคลอไรด์ในชั้นน้ำบาดาลพระประแดง พื้นที่จังหวัดสมุทรปราการ ซึ่งส่งผลให้ระดับความเข้มข้นของคลอไรด์เปลี่ยนแปลงแตกต่างกันไปในแต่ละช่วงเวลา โดยมีการนำตัวชี้วัดต่างๆ มาใช้เพื่อสนับสนุนการประเมินผล ได้แก่

- 1) ค่าร้อยละ (percentiles) ที่ 25, 50 และ 75 เพื่อแสดงลักษณะการกระจายตัว และแสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของคลอไรด์ในแต่ละปี
- 2) ค่าระดับพื้นหลังตามธรรมชาติ (National Background Level; NBL) เพื่อใช้เป็นค่าฐานสำหรับระดับความเข้มข้นคลอไรด์ที่สะท้อนสภาพธรรมชาติ โดยใช้ค่าร้อยละ (percentiles) ที่ 95
- 3) ค่ามาตรฐานอ้างอิง (Reference Value; REF) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์สำหรับระบบคลอไรด์ที่ถือเป็นค่าปกติทั่วไป
- 4) ค่าขีดจำกัด (Threshold Value; TV) เพื่อกำหนดระดับความเข้มข้นของคลอไรด์ที่อาจแสดงให้เห็นถึงปัญหามลพิษในน้ำบาดาล

ตัวชี้วัดเหล่านี้ช่วยในการประเมินปริมาณของคลอไรด์ในแต่ละพื้นที่เปรียบเทียบกับค่าธรรมชาติและค่าที่ยอมรับได้ เพื่อใช้ในการจัดการคุณภาพน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติน้ำบาดาลของบ่อสังเกตการณ์ในช่วงปี พ.ศ. 2553–2564 ดังแสดงในตารางที่ 1 และทำการจัดทำแผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับพื้นหลังธรรมชาติของคลอไรด์ ดังรูปที่ 7 โดยพบว่าบริเวณตอนกลางพื้นที่อำเภอเมืองสมุทรปราการ มีค่าระดับพื้นหลังธรรมชาติของคลอไรด์ที่ค่อนข้างสูง และบริเวณชายฝั่งด้านใต้ของพื้นที่อำเภอเมืองสมุทรปราการ และอำเภอบางบ่อ มีค่าระดับพื้นหลังธรรมชาติของคลอไรด์ที่ค่อนข้างสูง โดยค่าระดับพื้นหลังธรรมชาติของคลอไรด์ที่สูงที่สุดคือ 15,050 มิลลิกรัม/ลิตร ต่ำสุดอยู่ที่ 20 มิลลิกรัม/ลิตร

ตารางที่ 1 สรุปข้อมูลทางสถิติของผลวิเคราะห์ปริมาณคลอไรด์ของบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาลในชั้นน้ำบาดาลพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ

ปี (พ.ศ.)	จำนวนบ่อสังเกตการณ์น้ำบาดาล	Cl ⁻¹ [mg/L]							
		min	max	Percentile			NBL	REF	TV
				25th	50th	75th			
2553-2564	21	20	17,000	870	2,150	7,925	15,050	600	15,050
2553	8	360	5,800	763	1,500	2,525	5,100	600	5,100
2554	18	340	16,000	1,025	3,100	8,125	14,300	600	14,300
2555	7	350	16,000	760	2,000	5,900	13,060	600	13,060
2556	16	330	16,000	793	5,650	9,150	13,750	600	13,750
2557	11	20	16,000	655	2,000	5,850	14,000	600	14,000
2558	12	340	17,000	825	4,000	8,850	14,800	600	14,800
2559	12	340	17,000	823	3,950	8,050	13,700	600	13,700
2560	- ไม่มีข้อมูล -								
2561	11	340	14,000	1,440	2,400	7,950	13,500	600	13,500
2562	1	15000	15,000	15,000	15,000	15,000	15,000	600	15,000
2563	12	66	15,000	933	2,500	7,475	13,900	600	13,900
2564	12	84	15,000	765	2,450	5,725	11,755	600	11,755



รูปที่ 7 แสดงการกระจายตัวของระดับพื้นหลังธรรมชาติของคลอไรด์

6. สรุปผลการศึกษา

การศึกษานี้ได้ทำการจัดทำแผนที่แสดงการกระจายตัวของระดับพื้นหลังธรรมชาติของคลอไรด์ โดยพบว่าบริเวณตอนกลางพื้นที่อำเภอเมืองสมุทรปราการ มีค่าระดับพื้นหลังธรรมชาติของคลอไรด์ที่ค่อนข้างสูงซึ่งมีแนวโน้มที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมอุตสาหกรรมเนื่องจากบริเวณดังกล่าวมีการกระจุกตัวของบ่อน้ำบาดาลภาคเอกชน และบริเวณชายฝั่งด้านใต้ของพื้นที่อำเภอเมืองสมุทรปราการ และอำเภอบางบ่อ มีค่าระดับพื้นหลังธรรมชาติของคลอไรด์ที่ค่อนข้างสูง ส่วนใหญ่เป็นน้ำบาดาลประเภทโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นหลัก รวมถึงผลจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างคลอไรด์ (Cl^-) และโซเดียม (Na^+) และ กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนแมกนีเซียมต่อแคลเซียม ($\text{Mg}^{2+}/\text{Ca}^{2+}$) กับปริมาณคลอไรด์ (Cl^-) ปี พ.ศ. 2564 ซึ่งบ่งชี้ว่ามีการรุกรานของน้ำทะเลอย่างมีนัยสำคัญ [5][14][15]

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนจาก “ทุน 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กองทุนรัชดาภิเษกสมโภช” สุดท้ายนี้ขอขอบคุณกรมทรัพยากรน้ำบาดาลที่ให้อำนาจและข้อมูลสำหรับการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมทรัพยากรน้ำบาดาล. (2555). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการจัดทำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการบริหารจัดการน้ำบาดาลในเขตวิกฤตการณ์น้ำบาดาล. กรุงเทพฯ. กรมทรัพยากรน้ำบาดาล.
- [2] ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2542). รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการศึกษาข้อมูลและศักยภาพการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการอุตสาหกรรมในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล. กรุงเทพฯ
- [3] Bulut, O. F., Duru, B., Çakmak, Ö., Günhan, Ö., Dilek, F. B., & Yetis, U. (2020). Determination of groundwater threshold values: A methodological approach. *Journal of Cleaner Production*, 253, 120001.
- [4] Cao, T., Han, D., & Song, X. (2021). Past, present, and future of global seawater intrusion research: A bibliometric analysis. *Journal of Hydrology*, 603, 126844.
- [5] Chotpantarat, S., Parkchai, T., & Wisitthammassri, W. (2020). Multivariate statistical analysis of hydrochemical data and stable isotopes of groundwater contaminated with nitrate at Huay Sai Royal Development Study Center and adjacent areas in Phetchaburi Province, Thailand. *Water*, 12(4), 1127.
- [6] Kim, K. H., Yun, S. T., Kim, H. K., & Kim, J. W. (2015). Determination of natural backgrounds and thresholds of nitrate in South Korean groundwater using model-based statistical approaches. *Journal of Geochemical Exploration*, 148, 196-205.
- [7] Kumar, M., Panday, D. P., Bhagat, C., Herbha, N., & Agarwal, V. (2023). Demystifying the decadal shift in the extent of groundwater in the coastal aquifers of Gujarat, India: A case of reduced extent but increased magnitude of seawater intrusion. *Science of The Total Environment*, 898, 165451.
- [8] Kamdee, K., Corcho Alvarado, J. A., Yongprawat, M., Occarach, O., Hunyek, V., Wongsit, A., ... & Matsumoto, T. (2023). Using 81Kr and isotopic tracers to characterise old groundwater in the Bangkok metropolitan and vicinity areas. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 59(4-6), 426-453.
- [9] Lorphensri, O., Nettasana, T., & Ladawadee, A. (2016). Groundwater environment in Bangkok and the surrounding vicinity, Thailand. In *Groundwater environment in Asian cities* (pp. 229-262). Butterworth-Heinemann.
- [10] Mtoni, Y., Mjemah, I. C., Bakundukize, C., Van Camp, M., Martens, K., & Walraevens, K. (2013). Saltwater intrusion and nitrate pollution in the coastal aquifer of Dar es Salaam, Tanzania. *Environmental Earth Sciences*, 70, 1091-1111.
- [11] Piyapong, J., Thidarat, B., Jaruwan, C., Siriphan, N., & Passanan, A. (2019). Enhancing citizens' sense of personal responsibility and risk perception for promoting public participation in sustainable groundwater resource management in Rayong Groundwater Basin, Thailand. *Groundwater for Sustainable Development*, 9, 100252.
- [12] Pulido-Velazquez, D., Baena-Ruiz, L., Fernandes, J., Arnó, G., Hinsby, K., Voutchkova, D., Hansen, B., Retike, I., Bikše, J., & Collados-Lara, A.-J. (2022). Assessment of chloride natural background levels by applying statistical approaches. *Analyses of European coastal aquifers in different environments. Marine Pollution Bulletin*, 174, 113303.
- [13] Pulido-Velazquez, D., Baena-Ruiz, L., Voutchkova, D., Hansen, B., Hinsby, K., Arnó, G., ... & Grima, J. (2021, April). Comparing methods to estimate chloride natural background levels to assess sea water intrusion. In *EGU General Assembly Conference Abstracts* (pp. EGU21-16210).
- [14] Sae-Ju, J., Chotpantarat, S., & Thitimakorn, T. (2018). Assessment of seawater intrusion using multivariate statistical, hydrochemical and geophysical techniques in coastal aquifer, Cha-am district, Thailand. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 2018, 1-50.
- [15] Sae-Ju, J., Chotpantarat, S., & Thitimakorn, T. (2020). Hydrochemical, geophysical and multivariate statistical investigation of the seawater intrusion in the coastal aquifer at Phetchaburi Province, Thailand. *Journal of Asian Earth Sciences*, 191, 104165.

- [16] Stoecker, F., Babel, M. S., Gupta, A. D., Rivas, A. A., Evers, M., Kazama, F., & Nakamura, T. (2013). Hydrogeochemical and isotopic characterization of groundwater salinization in the Bangkok aquifer system, Thailand. *Environmental earth sciences*, 68, 749-763.
- [17] Yu, X., & Michael, H. A. (2022). Impacts of the scale of representation of heterogeneity on simulated salinity and saltwater circulation in coastal aquifers. *Water Resources Research*, 58(1), e2020WR029523.
- [18] Zhang, Y., Yan, Y., Yao, R., Wei, D., Huang, X., Luo, M., Wei, C., Chen, S., & Yang, C. (2024). Natural background levels, source apportionment and health risks of potentially toxic elements in groundwater of highly urbanized area. *Science of The Total Environment*, 935, 173276.